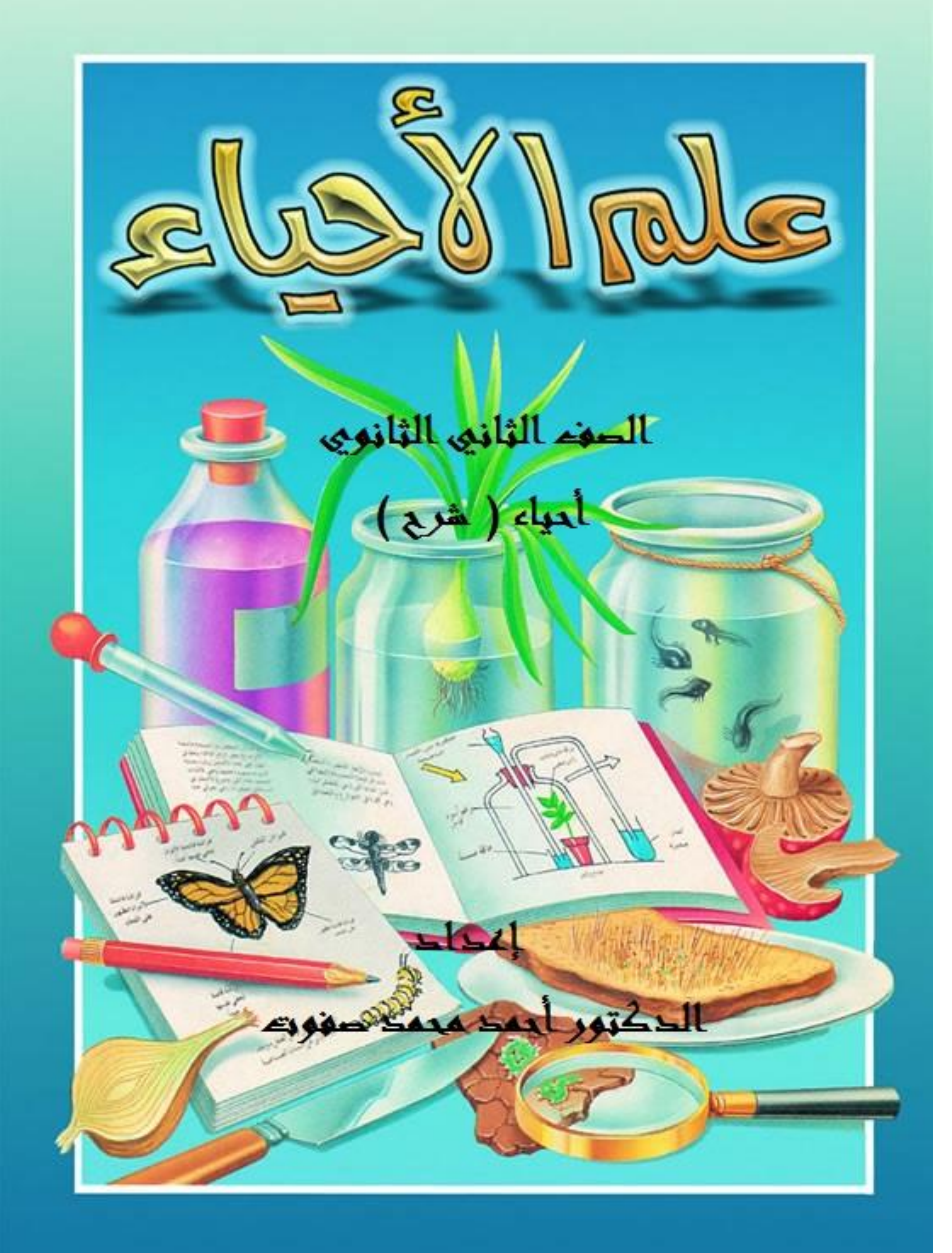


علم الأحياء
الصف الثاني الثانوي
أحياء (شرح)
إعداد
الدكتور أحمد محمد صفوت

أحياء

ثانية ثانوي

التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

الفصل الأول :

التغذية والهضم في الكائنات الحية

الجزء الأول :

التغذية الذاتية في النباتات الخضراء

إعداد

الدكتور أحمد محمد صفوت

محتويات التيرم الأول

التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

الفصل الأول : التغذية والهضم في الكائنات الحية

** التغذية (التعريف - أهمية الغذاء للكائن الحي - أنواع التغذية).

** التغذية الذاتية في النباتات الخضراء (آلية إمتصاص الماء والأملاح -البناء الضوئي ؛ البلاستيدة الخضراء ، تركيب الورقة ، مصدر الأكسجين ، التفاعلات الضوئية ، التفاعلات اللاضوئية).

** التغذية الغير ذاتية (الهضم ؛ التعريف ، الأهمية ، أمثلة – الإنزيمات - الهضم في الإنسان – الإمتصاص – التمثيل الغذائي – الأمعاء الغليظة والتخلص من فضلات الطعام).

الفصل الثاني : النقل في الكائنات الحية

** النقل في النباتات البدائية.

** النقل في النباتات الراقية.

** آلية النقل في النباتات الراقية (آلية نقل الماء والأملاح من الجذر إلى الورقة – نقل الغذاء الجاهز من الورقة إلى جميع أجزاء النبات).

** آلية إنتقال المواد العضوية في اللحاء.

** النقل في الإنسان (الجهاز الدوري ؛ القلب ، الأوعية الدموية ، الدم ، الجلطة الدموية ، ضغط الدم).

** الدورة الدموية (الدورة الرئوية – الدورة الجهازية – الدورة الكبدية البابية).

** النقل في الإنسان (الجهاز الليمفاوي ؛ الليمف ، الأوعية الليمفاوية ، العقد الليمفاوية).

الفصل الثالث : التنفس في الكائنات الحية

** التبادل الغازي – التنفس الخلوي.

** التنفس الخلوي الهوائي (مراحل أكسدة الجلوكوز ؛ إنشطار الجلوكوز في السيتوسول ، دورة كربس في الميتوكوندريا ، سلسلة نقل الإلكترون في الميتوكوندريا).

** التنفس اللاهوائي " التخمر " (التخمر الحمضي – التخمر الكحولي).

** التنفس في الإنسان (الجهاز التنفسي ؛ الأنف أو الفم ، البلعوم ، الحنجرة ، القصبة الهوائية ، الرئتان – دور الجهاز التنفسي في الإخراج).

** التنفس في النبات (تعريف - أنواع التنفس في النبات - التنفس في معظم النباتات - التنفس في النباتات الوعائية - العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس في النبات).

الفصل الأول : التغذية والهضم في الكائنات الحية

التغذية

(1) التغذية : الدراسة العلمية للغذاء والطرق المختلفة التي تتغذى بواسطتها الكائنات الحية.

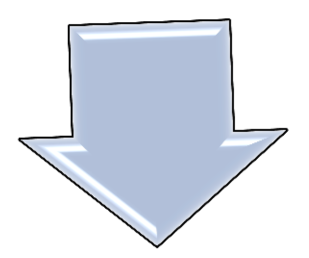
(2) **أهمية الغذاء للكائن الحي** :

1. مصدر الطاقة اللازمة لإتمام جميع العمليات الحيوية في جسم الكائن الحي.
2. المادة الخام اللازمة للنمو وتعويض ما يتلف من مادة الجسم (أنسجته).

(3) **أنواع التغذية** :

	أولاً : التغذية الذاتية	ثانياً : التغذية غير الذاتية
التعريف	هى التغذية التي تقوم بها الكائنات (الكائنات ذاتية التغذية) التي تصنع غذائها بنفسها ، عن طريق تفاعلات كيميائية تتم داخل خلاياها ، لبناء **المركبات الغذائية العضوية معقدة التركيب عالية الطاقة** ، والتي تحتاجها لبناء جسمها ، كالمواد الكربوهيدراتية (السكر والنشا) والمواد الدهنية والبروتينية ، من **مواد غير عضوية أولية بسيطة التركيب منخفضة الطاقة** ، تستمدها من بيئتها ، مثل الماء والأملاح المعدنية وثاني أكسيد الكربون ، وذلك في وجود الضوء أو الطاقة الضوئية للشمس ، فيما يعرف بعملية (البناء الضوئي).	هى التغذية التي تقوم بها الكائنات (الكائنات غير ذاتية التغذية) التي تحصل على غذائها من **أجسام الكائنات الحية الأخرى** (مثل النباتات الخضراء أو من الحيوانات التي سبق لها أن تغذت علي النباتات) ، في صورة **مواد عضوية جاهزة معقدة التركيب عالية الطاقة** ، مثل البروتينات والنشويات والدهون.
أمثلة	**أمثلة للكائنات ذاتية التغذية** : **النباتات الخضراء ، بعض أنواع البكتريا** (بكتريا الكبريت الخضراء والأرجوانية).	**أقسام الكائنات غير ذاتية التغذية** 1. كائنات غير ذاتية **عضوية** (آكلات العشب ، آكلات اللحوم ، متنوعة الغذاء). 2. غير ذاتية **رُمية** (البكتريا الرمية ، بعض الفطريات). 3. غير ذاتية **طفيلية** (البلهارسيا ، نبات الهالوك).

مواد غير عضوية ، أولية ، بسيطة التركيب ، منخفضة الطاقة ، مثل (الماء ، الأملاح المعدنية ، ثاني أكسيد الكربون) " **عملية البناء الضوئي** "



مركبات عضوية ، معقدة التركيب ، عالية الطاقة ، مثل : (المواد الكربوهيدراتية ، الدهنية ، البروتينية)

التغذية الذاتية في النباتات الخضراء

** **تتم التغذية الذاتية فى النباتات الخضراء من خلال عمليتين مهمتين ، هما** :

أولاً : **عملية إمتصاص الماء والأملاح.** **ثانياً** : **عملية البناء الضوئي.**

أولاً : عملية إمتصاص الماء والأملاح

** تمتص النباتات الخضراء (الراقية) الماء والأملاح المعدنية من التربة عن طريق **الشُعيرات الجِذرية** في المجموع الجَذري للنبات ، ثم ينتقلا من خلية إلى آخرى في إتجاه الأوعية الناقلة.

الشُعيرة الجِذرية

(1) **التعريف** : هى إمتداد لخلية واحدة من خلايا الطبقة الوبرية (البشرة).

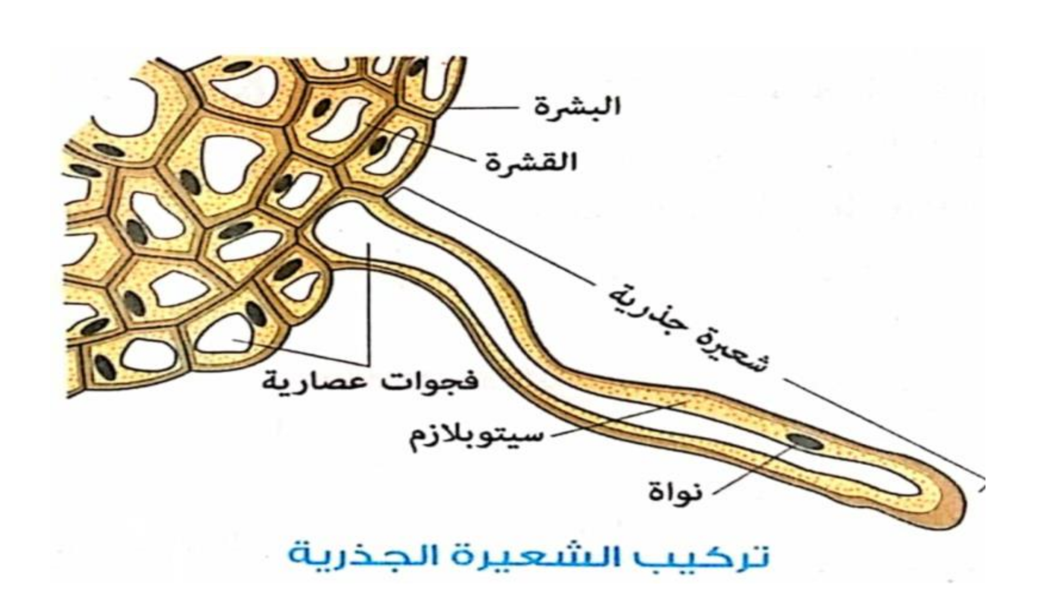
(2) **التركيب** : تُبطن من الداخل بطبقة رقيقة من السيتوبلازم ، توجد بها نواة وفجوة عصارية كبيرة.

(3) **الطول** : حوالي 4 مم.

(4) **العمر** : لا يتجاوز بضعة أيام أو أسابيع ؛ لأن خلايا الطبقة الوبرية (البشرة) تتمزق من حين لآخر ، ولكنها تعوض باستمرار من منطقة الإستطالة في الجذر.

(5) **ملائمة الشعيرة الجذرية لوظيفتها** :

1- **كثيرة العدد وتمتد خارج الجذر** ؛ لتزيد من مساحة سطح الإمتصاص (إمتصاص الماء والأملاح).
2- **جدرها رقيقة** ؛ لتسمح بنفاذ الماء والأملاح من خلالها.
3- **تفرز مادة لزجة** ؛ لتساعدها على التغلغل والإنزلاق بين حبيبات التربة والإلتصاق بها ، مما يساعد على تثبيت النبات (وكذلك تساعدها على إمتصاص الماء بخاصية التشرب).
4- **تركيز المحلول داخل فجوتها العصارية أكبر** من تركيز محلول التربة (بسبب وجود **السكر** ذائباً في العصير الخلوي) ؛ مما يساعد بإستمرار على إنتقال الماء من التربة إليها.



تركيب الشعيرة الجذرية

آلية إمتصاص الماء

** **تعتمد آلية إمتصاص الماء على الظواهر الفيزيائية التالية** : (خاصية الإنتشار - خاصية النفاذية - الخاصية الأسموزية - خاصية التشرب).

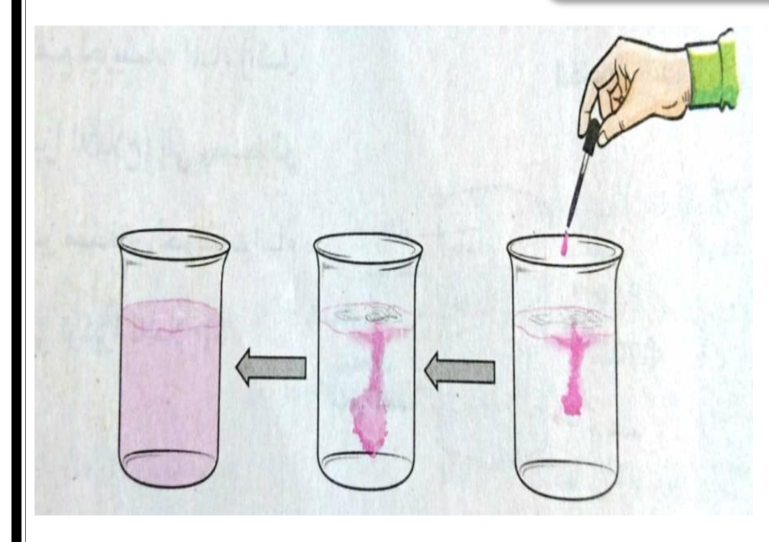
(1) خاصية الإنتشار

(1) **التعريف** :

هى حركة الجزيئات أو الأيونات من وسط ذو تركيز مرتفع إلى وسط ذو تركيز منخفض ، نتيجة للحركة الذاتية المستمرة لجزيئات المادة المنتشرة.

(2) **مثال** : انتشار نقطة حبر سقطت في كأس بها ماء.

(مثل إنتشار أيونات الأملاح المعدنية في الماء الموجود في التربة أو غيرها ، استعداداً لنقلها إلى خلايا النبات).



(2) خاصية النفاذية

(1) **التعريف** : هى خاصية تُحدد مرور المواد خلال الأغشية البلازمية ، فتسمح بمرور بعض المواد بصورة حرة طليقة ، وتجعل الآخرى تمر ببطء ، بينما تمنع نفاذ مواد أخرى حسب حاجة النبات.

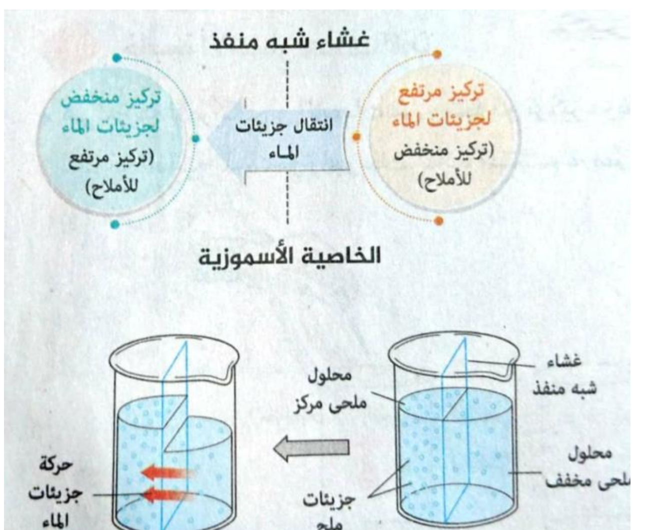
(2) **أنواع الجدر والأغشية بالنسبة لقدرتها على النفاذية** :

** **تختلف جدر الخلايا وأغشيتها تبعاً لقدرتها على النفاذية كالتالي** :

1- **غير منفذة** : أي لا تنفذ الماء وأيونات الأملاح المعدنية ، مثل الجدر المغطاة بالسيوبرين والكيوتين واللجنين.
2- **منفذة** : تنفذ الماء وأيونات الأملاح المعدنية ، مثل الجدر السليلوزية.
3- **شبه منفذة (إختيارية النفاذية)** : تنفذ الماء وتحدد نفاذ كثير من الأملاح ، وتمنع نفاذ السكر والأحماض الأمينية ذات الجزيئات كبيرة الحجم ، مثل الأغشية البلازمية.

(3) **الأغشية البلازمية** : أغشية شبه منفذة رقيقة ، ذات ثقوب دقيقة جداً ، ولها خاصية النفاذية الإختيارية ، مثل : (غشاء الخلية **Plasma membrane**).

(3) الخاصية الأسموزية



(1) **التعريف** : هى مرور **الماء** خلال **الأغشية شبه المنفذة** ، من وسط ذو تركيز مرتفع لجزيئات الماء (أقل تركيزاً للأملاح) إلى وسط ذو تركيز منخفض لجزيئات الماء (أعلى تركيزاً للأملاح).

(2) **مثال** : حينما نضع محلول ملحي **مخفف** بجوار محلول ملحي **مركز** ، بشرط وجود **غشاء شبه منفذ** ، نجد أن جزيئات الماء تتحرك من المحلول المخفف إلى المحلول المركز ، وهو ما يعرف بالخاصية الأسموزية.

(3) **الضغط الأسموزي** :



هو الضغط الناشئ عن وجود فرق في تركيز المواد الذائبة في الماء على جانبي الأغشية الشبه منفذة ، وهو المسبب لمرور الماء خلال هذه الأغشية.

(4) **العلاقة بين تركيز المواد المذابة في المحلول والضغط الأسموزي للمحلول** هى **علاقة طردية** (أي أنه كلما زاد تركيز المواد المذابة في المحلول ، كلما زاد الضغط الأسموزي).

(4) خاصية التشرب (الإمتصاص)

(1) **التعريف** : عملية إمتصاص الماء بواسطة جدر خلايا النبات من خلال **الدقائق الصلبة** ، خصوصاً **الدقائق الغروية** التي لها القدرة على إمتصاص الماء ، فتزداد في الحجم وتنتفخ.

(2) **من أمثلة المواد الغروية المُحبة للماء فى النبات** : **السليلوز والبكتين وبروتينات البروتوبلازم.**

** غروي يعني لزج ، لكن المعنى المقصود أي **مادة لزجة موزعة بالتساوي أو منتشرة عبر جدر الخلايا النباتية أو في أجزاء منها** (البروتوبلازم) لها القدرة على الإلتصاق بجزيئات الماء ، وبالتالي تعمل على إمتصاصها وتشربها.

** **البروتوبلازم** هو عبارة عن المادة الحية الموجودة في الخلية ، ويتميز إلى سيتوبلازم ونواة.

تفسير إمتصاص الجذر للماء " آلية إمتصاص الجذر للماء "

(1) يمتلئ جذر النبات **بالشعيرات الجذرية** التي تُحيط بها طبقة غروية ، تلتصق بها حبيبات التربة بما عليها من أغشية مائية وذائبات (جزيئات الماء وأيونات الأملاح) ، لذا تمتص الجدر السليلوزية والأغشية البلازمية الماء **بخاصية التشرب**.

(2) ينتقل الماء **بالخاصية الأسموزية** من التربة إلى خلايا البشرة عن طريق الشعيرات الجذرية ، حيث إن العصير الخلوي للشعيرة الجذرية أعلى تركيزاً من محلول التربة بسبب وجود **السكر** ذائباً في العصير الخلوي (أي أن تركيز جزيئات الماء في محلول التربة أعلى منه في الفجوة العصارية).

(3) ينتقل الماء بنفس الطريقة من خلايا البشرة إلى **خلايا القشرة** ، ويستمر في تحركه حتى يصل إلى أوعية الخشب في مركز الجذر.

إمتصاص الأملاح المعدنية

(1) أثبت العلماء أن النبات يحتاج بالإضافة إلى الكربون والهيدروجين والأكسجين إلى **عناصر آخرى ضرورية** يمتصها عن طريق الجذور ، **ويؤدي نقصها إلى** :

1- إختلال النمو الخضري للنبات أو توقفه.
2- عدم تكوين الأزهار أو الثمار.

(2) **يمكن تقسيم العناصر الغذائية الضرورية للنباتات الخضراء إلى قسمين كالتالي** :

	(أ) المغذيات الكبرى	(ب) المغذيات الصغرى
التعريف	عناصر يحتاجها النبات بكميات غير قليلة.	عناصر يحتاجها النبات بكميات صغيرة جداً لا تتعدى بضع ملليجرامات في اللتر (لذا تسمى بالعناصر الآثرية).
العدد	سبعة عناصر (النيتروجين ، الفوسفور ، الكبريت ، الكالسيوم ، البوتاسيوم ، الماغنسيوم ، الحديد).	ثمانية عناصر (الكلور ، البورون " Boron " ، اليود ، الموليبدينوم " Molybdenum " ، الخارصين - الزنك - ، النحاس ، الألومنيوم ، المنجنيز).
الأهمية	1- تعمل **أملاح النترات والفوسفات والكبريتات** على تحويل الكربوهيدرات إلى بروتينات. 2- يدخل **الفوسفور** في تكوين المركبات الناقلة للطاقة. 3- يدخل **الحديد** في تكوين بعض الإنزيمات المساعدة اللازمة لإتمام عملية البناء الضوئي.	تعمل بعضها كمنشطات للإنزيمات.

آلية إمتصاص الأملاح المعدنية

** **تعتمد آلية إمتصاص الأملاح المعدنية على الظواهر الفيزيائية التالية** : (خاصية الإنتشار – خاصية النفاذية الإختيارية - خاصية النقل النشط).

(1) خاصية الإنتشار

التعريف : هى حركة الأيونات من الوسط الأعلى تركيز إلى الوسط الأقل تركيز ، نتيجة الحركة الذاتية المستمرة لهذه الأيونات الحرة.

الشرح :

1- تنتشر دقائق الذائبات (أيونات العناصر) مستقلة عن بعضها البعض وعن الماء في صورة :

- أيونات موجبة (**كاتيونات**) ، مثل K^+ ، Ca^{++}
- أيونات سالبة (**أنيونات**) ، مثل SO_4^{--}, Cl^- , NO_2^-, No_3^-

2- تتحرك دقائق الذائبات (أيونات العناصر) بالإنتشار من محلول التربة (الوسط الأعلى تركيزاً) نافذة داخل الجدران السليلوزية (الوسط الأقل تركيزاً) نتيجة الحركة المستمرة للأيونات الحرة.

3- قد يحدث تبادل للكاتيونات عبر غشاء الخلية ، فمثلاً يخرج أيون الصوديوم Na^+ من الخلية ويدخل بدلاً منه أيون البوتاسيوم K^+.

(2) خاصية النفاذية الإختيارية

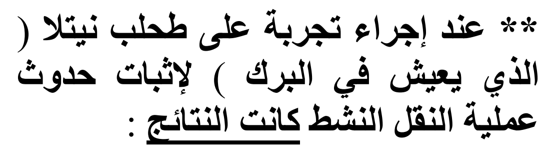
عندما تصل الأيونات إلى الغشاء البلازمي شبه المنفذ ، يختار هذا الغشاء بعض الأيونات ، ويسمح لها بالمرور ، بينما لا يسمح لأيونات أخرى ، وذلك حسب حاجة النبات ، بصرف النظر عن حجم الأيونات أو تركيزها أو شحنتها.

(3) خاصية النقل النشط

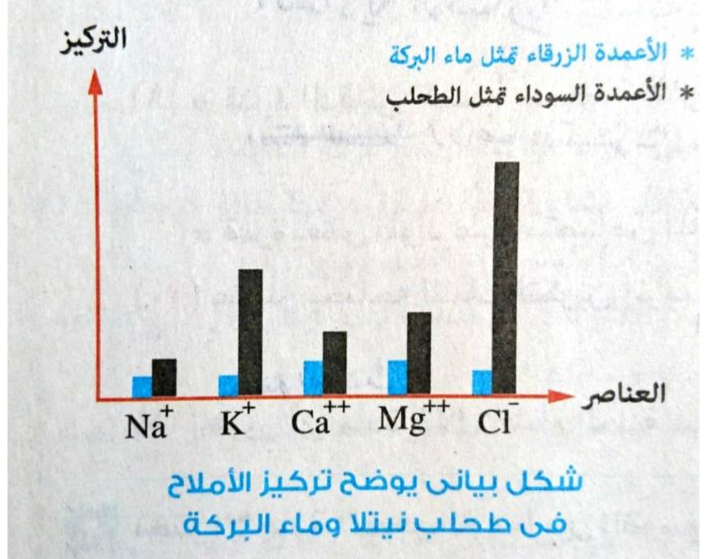
التعريف : هى عملية مرور أي مادة (مثل الأيونات) خلال غشاء الخلية (الشبه منفذ) في وجود **طاقة كيميائية** لإجبار الأيونات على الإنتشار ضد تدرج التركيز (أي من التركيز المنخفض إلى التركيز المرتفع).

المثال : في بعض الأحيان تنتشر الأيونات من محلول التربة (حيث التركيز المنخفض) إلى داخل الخلية (حيث التركيز المرتفع) ، لذا يلزم وجود **طاقة** لإجبار هذه الأيونات على الإنتشار ضد هذا التدرج في التركيز ، وهذه العملية كلها تسمى **بالنقل النشط**.

<u>تجربة طحلب نيتلا</u> :



**** عند إجراء تجربة على طحلب نيتلا (الذي يعيش في البرك) لإثبات حدوث عملية النقل النشط <u>كانت النتائج</u> :**



شكل بيانى يوضح تركيز الأملاح فى طحلب نيتلا وماء البركة

1- تركيز الأيونات المختلفة المتراكمة في العصير الخلوي لخلايا الطحلب **أعلى نسبياً** من تركيزها في ماء البركة ، مما يلزم الخلية إستهلاك طاقة لإمتصاص هذه الأيونات.

2- تركيز بعض الأيونات المتراكمة في الخلية **يزيد عن الأخرى** ، مما يؤكد أن الأيونات تُمتص إختيارياً على حسب حاجة الخلية.

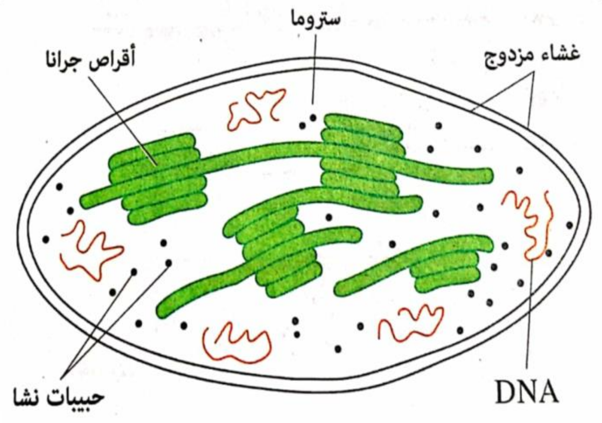
ثانياً : عملية البناء الضوئي

** تعتبر **الأوراق الخضراء** المراكز الأساسية لعملية البناء الضوئي في النباتات الراقية ؛ لأنها تحتوى على البلاستيدات الخضراء.

** تساهم **السيقان العشبية الخضراء** بقدر ما في عملية البناء الضوئي ؛ وذلك لإحتوائها على **أنسجة كلورنشيمية** بها بلاستيدات خضراء.

البلاستيدة الخضراء

(1) تبدو البلاستيدة الخضراء في النباتات الراقية **ككتلة متجانسة على شكل عدسة محدبة** ، وذلك تحت **الميكروسكوب الضوئي**.



شكل تخطيطى مكبر لبلاستيدة خضراء

(2) **<u>تركيب البلاستيدة الخضراء</u>** :

** ثبت بدراسة البلاستيدة الخضراء **بالميكروسكوب الإلكتروني** أنها تتركب من :

1- **غشاء خارجي مزدوج رقيق** : سمكه حوالي 10 نانومتر (وحدة قياس دقيقة جداً تعادل جزء من مليار أو بليون من المتر).


شكل (٣) البلاستيدات الخضراء

2- **نخاع** (**الإستروما أو الستروما**) :

يتركب من مادة بروتينية عديمة اللون.

3- **حبيبات نشا** : تنتشر في النخاع بأعداد كبيرة ، وتتميز بأنها صغيرة الحجم ؛ لأنها تتحلل إلى سكر ينتقل إلى أعضاء أخرى تحت ظروف معينة.

4- **جرانا** (**أقراص جرانا**) :

- تنتشر في النخاع (الستروما).

- عبارة عن **حبيبات قرصية الشكل** ، تنتظم في شكل **عقود** ، تمتد داخل جسم البلاستيدة.

- يبلغ **قطر** الحبيبة حوالي 0.5 ميكرون (وحدة قياس تعادل جزء من مليون من المتر) ، و**سمكها** حوالي 0.7 ميكرون.

- تتكون كل حبيبة من **15 قرص أو أكثر متراصة فوق بعضها** ، والقرص **مجوف** من الداخل ، وقد تمتد حواف بعض الأقراص خارج حدود الحبيبة ، لتلتقي بحواف قرص آخر في حبيبة آخرى مجاورة ، **وهذا التركيب يزيد من مساحة سطح الأقراص المعرضة للضوء**.

- تختص بحمل **الأصباغ** التي تمتص الطاقة الضوئية.

(3) **الأصباغ الأساسية فى البلاستيدة الخضراء** :

1) **الكلوروفيل** :

1. يمثل الكلوروفيل نسبة 70 % من مجموع الأصباغ الموجودة في البلاستيدة الخضراء ، وينقسم إلى **كلوروفيل أ** (أخضر مزرق) ، و**كلوروفيل ب** (أخضر مصفر).

2. **أهمية الكلوروفيل** : يقوم بإمتصاص الطاقة الضوئية اللازمة لعملية البناء الضوئي.

3. **تركيب الكلوروفيل** : جزئ الكلوروفيل معقد التركيب و القانون الجزيئي لكلوروفيل أ هو

$$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$$

2) **زانثوفيل** : أصفر ليموني ، يمثل 25 %. 3) **كاروتين** : أصفر برتقالي ، يمثل 5 %.

- **يغلب اللون الأخضر على البلاستيدة الخضراء** (أو ورقة النبات) ؛ وذلك لإرتفاع نسبة أصباغ الكلوروفيل فيها.
- يعتقد أنه توجد علاقة بين **ذرة الماغنسيوم** الموجودة في مركز جزئ الكلوروفيل أ ، وبين قدرة الكلوروفيل على امتصاص الضوء.

تركيب الورقة

** **تتركب الورقة من ثلاثة أنسجة أساسية هي** :

(1) **البشرتان العليا والسفلى** :

1- تتركب كل بشرة منهما من **طبقة واحدة من خلايا بارنشيمية برميلية الشكل متلاصقة** ، تخلو من الكلوروفيل.

2- الجدار الخارجي لكل بشرة مغطى بطبقة من **الكيوتين** ماعدا الثغور التي تتخلل الخلايا.

(2) **النسيج المتوسط (الميزوفيلي)** :

- **المكان** : يقع بين البشرتين العليا والسفلى ، وتخترقه العروق.

- **التركيب** :

	الطبقة العمادية (النسيج العمادي)	**الطبقة الإسفنجية** (النسيج الإسفنجي)
المكان	عمودية على سطح البشرة.	توجد أسفل الطبقة العمادية.
التركيب	تتكون من صف واحد من خلايا بارانشيمية مستطيلة الشكل.	تتكون من خلايا بارانشيمية غير منتظمة الشكل ، تفصلها مسافات بينية واسعة.
نسبة البلاستيدات الخضراء	تزدحم خلاياها (خاصة الجزء العلوي منها) بالبلاستيدات الخضراء ؛ لتستقبل أكبر قدر من الأشعة الضوئية.	تحتوي خلاياها على بلاستيدات خضراء بنسبة أقل مما في الخلايا العمادية.

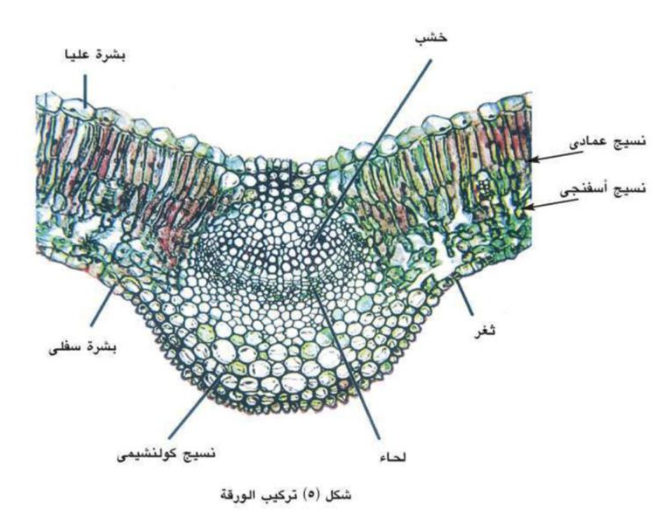
(3) **النسيج الوعائي** :

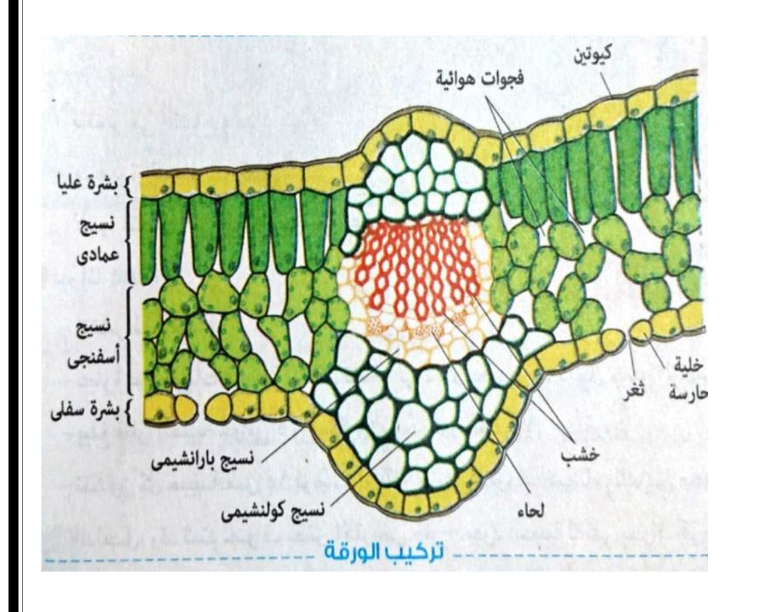
- يتكون من **حزم وعائية عديدة تمتد داخل العروق والعريقات** ، وتوجد الحزمة الوعائية الرئيسية في العرق الوسطي.

- **تتكون الحزمة الوعائية من** :

1- **أوعية خشبية** : توجد في عدة صفوف تفصلها خلايا بارانشيما الخشب.

2- **اللحاء** : يلي الخشب من جهة السطح السفلي للورقة ، وهو يقوم بتوصيل المواد الغذائية العضوية الذائبة التي تكونت في النسيج المتوسط إلى باقي أجزاء النبات المختلفة.





آلية عمل البناء الضوئي

(1) مصدر الأكسجين المنطلق من عملية البناء الضوئي

** العالم الأمريكي (**فان نيل**) بجامعة ستانفورد هو أول من أوضح مصدر الأكسجين في عملية البناء الضوئي ، وذلك من خلال دراسته لهذه العملية في **بكتريا الكبريت الخضراء والأرجوانية**.

(أ) <u>بكتريا الكبريت الخضراء والأرجوانية</u> :

(1) <u>تتميز بكتريا الكبريت بأنها</u> :

1- **ذاتية التغذية** ؛ لأنها تستطيع تكوين غذائها بواسطة كلوروفيل بكتيري (أبسط تركيباً من الكلوروفيل العادي).

2- **تعيش في طين البرك والمستنقعات** ؛ حيث يتوافر كبريتيد الهيدروجين الذي تستعمله هذه البكتريا في إختزال CO_2 لبناء المواد الكربوهيدراتية وتحرر الكبريت.

(2) <u>افترض فان نيل أن</u> :

1- الضوء يعمل على تحليل **كبريتيد الهيدروجين** إلى هيدروجين وكبريت في تفاعلات **ضوئية** :

$$12\ H_2S \xrightarrow[\text{كلوروفيل بكتيري}]{\text{طاقة ضوئية}} 12\ H_2 + 12\ S \downarrow$$

2- الهيدروجين الناتج يختزل **ثاني أكسيد الكربون** لبناء المواد الكربوهيدراتية في تفاعلات **لاضوئية** :

إختزال

$$12\ H_2 + 6\ CO_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O$$

كلوروفيل بكتيري

3- فتكون **المعادلة الكيميائية العامة** للبناء الضوئي في بكتريا الكبريت :

طاقة ضوئية

$$6\ CO_2 + 12\ H_2S \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O + 12\ S \downarrow$$

كلوروفيل بكتيري

(ب) النباتات الخضراء :

وعلى هذا الأساس إفترض فان نيل أن التفاعلات التي تجري في النباتات الخضراء تكون مشابهة لما تحدث في بكتريا الكبريت ، **ولاحظ ما يلي** :

1- الضوء يعمل على تحليل الماء إلى هيدروجين وأكسجين في تفاعلات ضوئية :

طاقة ضوئية

$$12\ H_2O \longrightarrow 12\ H_2 + 6\ O_2 \uparrow$$

كلوروفيل

2- الهيدروجين الناتج يختزل ثاني أكسيد الكربون لبناء المواد الكربوهيدراتية في تفاعلات لاضوئية :

إختزال

$$12\ H_2 + 6\ CO_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O$$

كلوروفيل

3- فتكون المعادلة الكيميائية العامة للبناء الضوئي في النباتات الخضراء :

طاقة ضوئية

$$6\ CO_2 + 12\ H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O + 6\ O_2 \uparrow$$

كلوروفيل

** **نتائج ما سبق** : إفترض فان نيل من خلال ذلك أن **الماء** هو مصدر الأكسجين في النباتات الخضراء ، كما أن **كبريتيد الهيدروجين** هو مصدر الكبريت في بكتريا الكبريت.

إثبات صحة نظرية فان نيل

(إثبات أن الماء هو مصدر الأكسجين المتصاعد في عملية البناء الضوئي)

** قام فريق من العلماء في جامعة كاليفورنيا عام 1941 م بتجارب لإثبات صحة نظرية فان نيل ، حيث إستخدموا **طحلب الكلوريلا الأخضر** ووفروا له جميع الظروف المناسبة لإتمام عملية البناء الضوئي.

	التجربة الأولى	التجربة الثانية
الخطوات	* إستخدام ماء به نظير الأكسجين ^{18}O بدلاً من ^{16}O (الأكسجين العادي).	* استخدم ماء عادي مع ثاني أكسيد الكربون يحتوي على ^{18}O (الأكسجين المشع).
المشاهدة	* الأكسجين المتصاعد من عملية البناء الضوئي من نوع النظير ^{18}O	* الأكسجين المتصاعد من البناء الضوئي يكون عادياً ^{16}O
معادلة التفاعل	$6\ C^{16}O_2 + 12\ H_2{}^{18}O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}{}^{16}O_6 + 6\ H_2{}^{16}O + 6\ {}^{18}O_2 \uparrow$	$6\ C^{18}O_2 + 12\ H_2{}^{16}O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}{}^{18}O_6 + 6\ H_2{}^{18}O + 6\ {}^{16}O_2 \uparrow$
الإستنتاج	* أن مصدر الأكسجين المنطلق من البناء الضوئي هو الماء ، وليس ثاني أكسيد الكربون.	

(2) التفاعلات الضوئية واللاضوئية في البناء الضوئي

** أوضح العالم **بلاكمان** عام 1905 م من خلال تجاربه لدراسة العوامل المحددة لمعدل عملية البناء الضوئي ، مثل (الضوء والحرارة وثاني أكسيد الكربون) ؛ أن **عملية البناء الضوئي تنقسم إلى** :

1- تفاعلات **ضوئية** (حساسة للضوء).
2- تفاعلات **لاضوئية** أو تفاعلات الظلام أو التفاعلات الإنزيمية (حساسة لدرجة الحرارة).

أولاً : التفاعلات الضوئية

(1) **التعريف** : مجموعة التفاعلات التي تتم في الجرانا داخل البلاستيدة الخضراء ، حيث توجد أصباغ الكلوروفيل ، ويكون الضوء هو العامل المحدد لسرعتها.

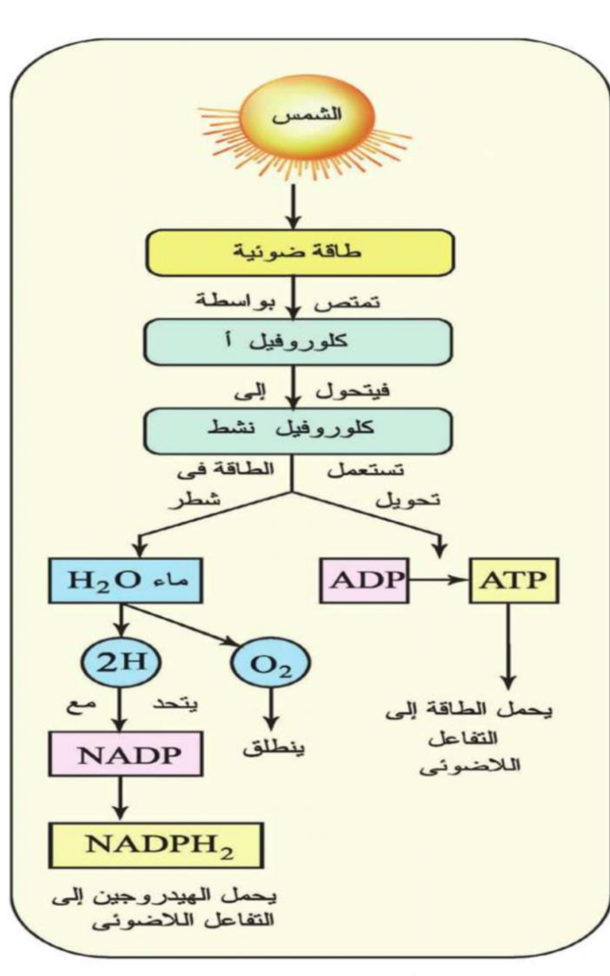
(2) **الطريقة** (**كيف تتم التفاعلات الضوئية في النباتات الخضراء ؟!**) :

1- يسقط الضوء على الكلوروفيل الموجود في جرانا البلاستيدات الخضراء ، فتكتسب **إلكترونات** ذرات جزئ الكلوروفيل طاقة ، فتنتقل من مستوياتها **الأقل في الطاقة** إلى مستويات **أعلى في الطاقة**.

2- تُختزن طاقة الضوء الحركية **كطاقة وضع كيميائية** في الكلوروفيل ، فتُسمى عندئذ جزيئات الكلوروفيل بـ (**المنشطة**) أو (**المثارة**) أو **الكلوروفيل النشط** ؛ (أي تعمل هذه الطاقة على تفعيل أو تنشيط جزئ الكلوروفيل).

3- **تتحرر الطاقة المختزنة في الكلوروفيل** ، فتهبط الإلكترونات مرة أخرى إلى مستوى الطاقة الأقل ، ويصبح **الكلوروفيل غير نشط** مرة أخرى ، ويمكنه إمتصاص مزيد من الضوء لينشط مرة آخرى.

4- يستخدم جزء من الطاقة المتحررة من الكلوروفيل المنشط في **شطر جزئ الماء إلى هيدروجين وأكسجين** ، **حيث** :



شكل (٦) ملخص التفاعلات الضوئية

- يتحد الهيدروجين مع مرافق إنزيم (مستقبل الهيدروجين) يوجد في البلاستيدة الخضراء ، ويرمز له بالرمز **NADP** (ثنائي فوسفات أميد النيكوتين ثنائي النيوكليوتيد).

وبالتالي يتكون مركب ($NADPH_2$) حتى لا يهرب الهيدروجين أو يتحد مرة أخرى مع الأكسجين.

- ينطلق **الأكسجين** كناتج ثانوي.

5- يُختزن الجزء الآخر من الطاقة المتحررة من الكلوروفيل المنشط أو النشط في **جزئ ATP** (أدينوسين ثلاثي الفوسفات الذي يحمل الطاقة إلى التفاعل اللاضوئي) ، وذلك بإتحاد **جزئ ADP** (أدينوسين ثنائي الفوسفات ، موجود في البلاستيدة الخضراء) مع **مجموعة فوسفات** (PO_4^{---}) ، وتسمى هذه العملية بـ (**الفسفرة الضوئية**).

طاقة متحررة من

$$ADP + P \xrightarrow[\text{الكلوروفيل المنشط}]{\text{طاقة متحررة من}} ATP$$

ADP + P ⟶ ATP (عملة الطاقة في الخلية)

الكلوروفيل المنشط

E (energy)

Adenosine - P~P + P ⟶ Adenosine – P~P~P

<u>**NADP**</u> : هو ثنائي فوسفات أميد النيكوتين ثنائي النيوكليوتيد ، يوجد في البلاستيدة الخضراء ، ويعمل كمرافق إنزيم أو مستقبل هيدروجين ، حيث يتحد مع الهيدورجين الناتج من شطر جزئ الماء في التفاعلات الضوئية خلال عملية البناء الضوئي ، حتى لا يتحد الهيدروجين الناتج مع الأكسجين مرة أخرى ، مكوناً مركب $NADPH_2$ الذي يحمل الهيدروجين الناتج إلى التفاعلات اللاضوئية.

<u>**ADP**</u> : هو أدينوسين ثنائي الفوسفات ، أحد المركبات الحاملة للطاقة في الخلية الحية ، يوجد في البلاستيدة الخضراء ، ويتحد مع مجموعة من الفوسفات لتكوين مركب ATP (عملة الطاقة في الخلية الحية) خلال عملية الفسفرة الضوئية.

<u>**ATP**</u> : هو أدينوسين ثلاثي الفوسفات ، عملة الطاقة في الخلية الحية وأحد المركبات الحاملة للطاقة ، يتكون نتيجة إتحاد مجموعة فوسفات مع مركب ADP خلال عملية الفسفرة الضوئية ، يحمل الطاقة المتحررة من التفاعلات الضوئية إلى التفاعلات اللاضوئية في ستروما البلاستيدة الخضراء في النباتات الخضراء.

<u>**الفسفرة الضوئية**</u> : هى عملية إتحاد مجموعة فوسفات مع مركب ADP في البلاستيدة الخضراء في وجود طاقة لتكوين جزئ ATP (عملة الطاقة في الخلية) الذي يحمل الطاقة إلى التفاعلات اللاضوئية.

ثانياً : التفاعلات اللاضوئية (الإنزيمية)

(1) **التعريف** : مجموعة التفاعلات التي تتم في **الستروما** (أرضية البلاستيدة الخضراء) خارج الجرانا ، وتكون **درجة الحرارة** هى العامل المحدد لسرعتها ، لذا فيمكن أن تحدث في الضوء أو الظلام على السواء.

(2) **الطريقة (كيف تتم التفاعلات اللاضوئية)** :

1- يتم **تثبيت** غاز **ثاني أكسيد الكربون** بإتحاده مع **الهيدروجين** المحمول على مركب $NADPH_2$ بمساعدة الطاقة المخترنة في جزئ ATP.

2- تتكون **المواد الكربوهيدراتية** نتيجة لذلك.

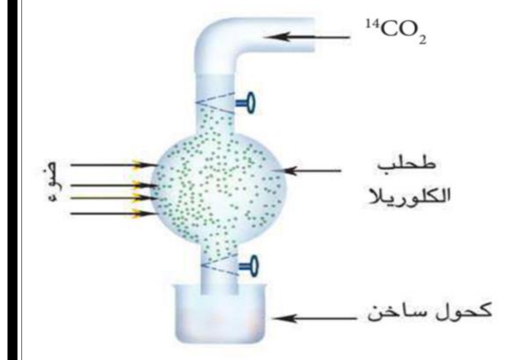
3- لذا يُطلق على $NADPH_2$ ، ATP **مركبي الطاقة التثبيتية**.

(3) تمكن **ميلفن كلفن** من الكشف عن طبيعة التفاعلات اللاضوئية عن طريق تجربة قام بها تسمى **تجربة كلفن**.

تجربة كلفن

(1) عام 1949 م ، تمكن العالم **ميلفن كلفن** ومساعدوه في جامعة كاليفورنيا من **الكشف عن طبيعة التفاعلات اللاضوئية** ، بعد إكتشاف **نظير الكربون المشع ^{14}C**.

(2) **الخطوات** :



شكل (٧) تجربة كلفن

1- وضع كلفن **طحلب الكلوريلا** في الجهاز التالي كما بالشكل.

2- أمد الطحلب بغاز CO_2 به **كربون مشع C^{14}**

3- عرض الجهاز لضوء مصباح لعدة ثوان للسماح بحدوث عملية البناء الضوئي.

4- وضع الطحلب في كأس بها كحول ساخن لقتل الخلية ووقف التفاعلات البيوكيميائية.

5- فصل المركبات المتكونة خلال عملية البناء الضوئي (بطريقة خاصة) وكشف فيها عن الكربون المشع بواسطة **عداد جيجر**.

(3) **النتائج** :

1- تكون مركب ذو ثلاث ذرات كربون (**فوسفو جليسرالداهيد** PGAL) ، بعد ثانيتين فقط من التعرض للضوء.

2- إثبات أن السكر سداسي الكربون (**الجلوكوز**) لم يتم تكوينه في خطوة واحدة ، بل تطلب الأمر عدة تفاعلات وسيطة حفزتها إنزيمات خاصة.

** **أهمية الفوسفو جليسرالدهيد (PGAL) :**

1. المركب الأول الثابت كيميائياً الناتج عن عملية البناء الضوئي.
2. يستخدم في بناء الجلوكوز والنشا والبروتينات والدهون.
3. يستعمل كمركب عالي الطاقة في التنفس الخلوي.

مقارنة بين التفاعلات الضوئية والتفاعلات اللاضوئية

	التفاعلات الضوئية	التفاعلات اللاضوئية
مكان الحدوث	الجرانا (البلاستيدة الخضراء).	الستروما (أرضية البلاستيدة الخضراء).
العامل المؤثر	الضوء	درجة الحرارة
الخطوات	تحويل طاقة الضوء الحركية إلى طاقة وضع كيميائية في الكلوروفيل.	تثبيت ثاني أكسيد الكربون بإتحاده مع الهيدروجين المحمول على مركب $NADPH_2$ بمساعدة ATP
النواتج	1- هيدروجين يتحد مع NADP مكوناً مركب $NADPH_2$. 2- الأكسجين (ناتج ثانوي). 3- طاقة تختزن في جزئ ATP.	1- مركب PGAL المستخدم لبناء الجلوكوز والنشا والبروتينات والدهون ، وأيضاً كمركب عالي الطاقة في التنفس الخلوي. 2- الماء.

أحياء

ثانية ثانوي

التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

الفصل الأول :

التغذية والهضم في الكائنات الحية

الجزء الثاني :

التغذية غير الذاتية

" الهضم في الإنسان "

إعداد

الدكتور أحمد محمد صفوت

ثانياً : التغذية غير الذاتية

** يحصل الكائن الحي **غير ذاتي التغذية** على غذائه في صورة **مواد عضوية جاهزة ومعقدة** ، غالباً ما تكون **جزيئات ضخمة لا تستطيع أن تنفذ خلال أغشية خلايا الكائن الحي** ، لذلك لا يستفيد منها إلا بعد **الهضم**.

الهضم في الإنسان

** **التعريف** : عملية تحويل **جزيئات الطعام الكبيرة** إلى جزيئات **صغيرة** ، بواسطة **التحلل المائي** ، بمساعدة **الإنزيمات**.

** **أهمية الهضم** :

- تكسير جزيئات الغذاء الكبيرة ومعقدة التركيب إلى جزيئات أصغر حجماً وأبسط تركيباً ، يسهل إمتصاصها ودخولها إلى الخلية (بالإنتشار أو النقل النشط) ، لتستخدمها كمصادر للطاقة أو للبناء واستمرار النمو.

- أمثلة :

1- **البروتينات** يتم هضمها إلى أحماض **أمينية**.
2- **النشويات** يتم هضمها إلى **سكريات أحادية** (مثل الجلوكوز).
3- **الدهون** يتم هضمها إلى أحماض **دهنية** + **جلسرين**.

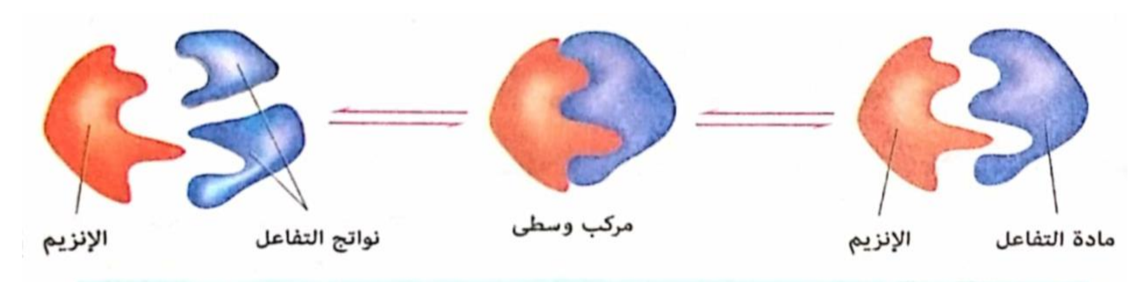
الإنزيمات

(1) تعريف الإنزيم :

مادة بروتينية ، لها خصائص العوامل المساعدة ، نتيجة قدرتها على التنشيط المتخصص.

(2) آلية عمل الإنزيم :

1. يحفز الإنزيم أحد التفاعلات الكيميائية (التنشيط المتخصص).
2. هذا التفاعل يعتمد على شكل الإنزيم وتركيب الجزئ المتفاعل.
3. يتكون مركب وسطي غير ثابت (كيميائياً).
4. وبعد إتمام التفاعل تنفصل الجزيئات الناتجة عن الإنزيم ، تاركة إياه بالصورة التي كان عليها قبل التفاعل.



شكل تخطيطى يوضح آلية عمل الإنزيم

(3) خصائص الإنزيم :

1- **متخصصة** ؛ لأن لكل إنزيم تفاعل كيميائي معين يحفزه معتمداً على تركيب الجزئ المتفاعل وشكل الإنزيم.

2- **لا تؤثر على نواتج التفاعل** ؛ لأنها تعمل كعوامل محفزة (حفازة) تزيد من معدل التفاعل حتى يصل لحالة الإتزان (عوامل مساعدة).

3- **بعض الإنزيمات لها تأثير عكسي** ؛ حيث إن الإنزيم الذي يساعد على تكسير جزئ معقد إلى جزئين أبسط ، يستطيع أيضاً أن يعيد ربط الجزيئين مرة أخرى إلى نفس الجزئ المعقد.

4- **تعتمد درجة نشاط الإنزيم** على درجة الحرارة ودرجة الأس الهيدروجيني PH.

5- **بعض الإنزيمات تُفرز في حالة غير نشطة (خاملة)** ، ويتم تنشيطها بواسطة مواد خاصة ، مثل إنزيم **الببسين** ؛ تفرزه المعدة في صورة غير نشطة هى **الببسينوجين** ، الذي يتحول في وجود حمض الهيدروكلوريك إلى **الببسين النشط**.

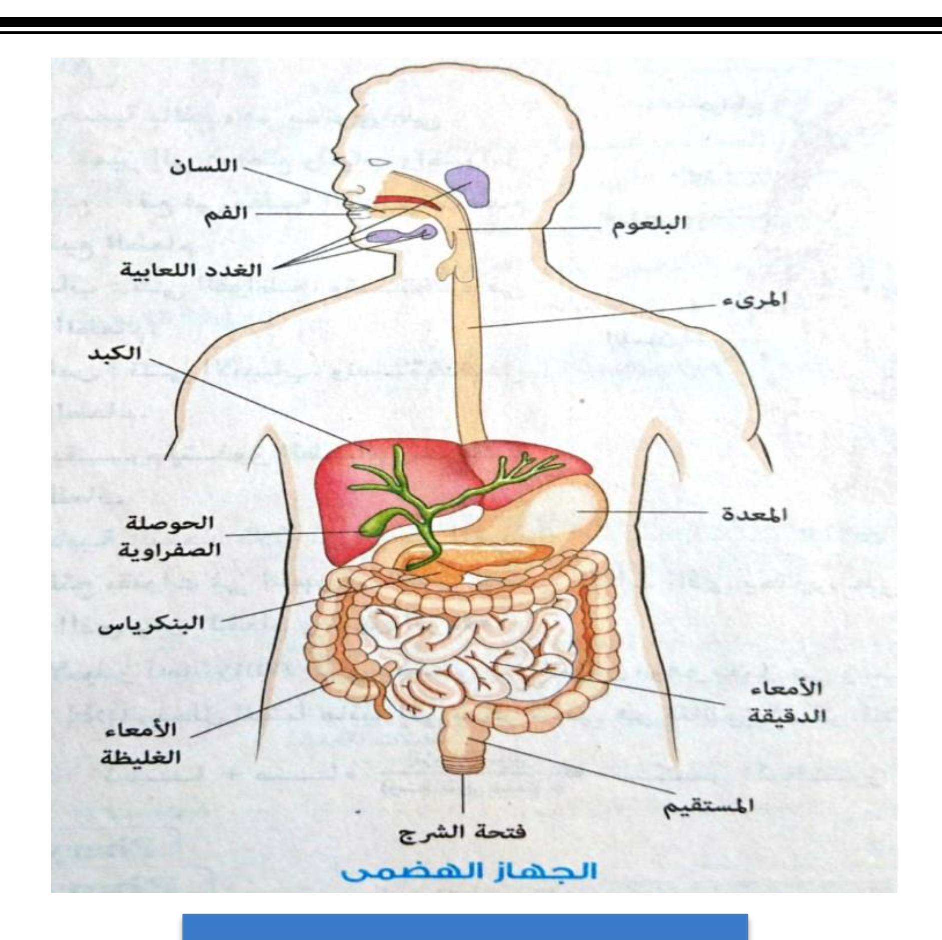
ببسينوجين (غير نشط) ← **حمض HCL** ← **ببسين** (نشط)

تركيب الجهاز الهضمي في الإنسان

**** يتركب الجهاز الهضمي في الإنسان من** :

(1) **قناة هضمية** ، تتكون من : الفم – البلعوم – المرئ – المعدة - الأمعاء الدقيقة - الأمعاء الغليظة - الشرج (الإست).

(2) **غدد ملحقة بالقناة الهضمية** : الغدد اللعابية – الكبد - البنكرياس.



مراحل الهضم في الإنسان

المرحلة الأولى : **الهضم في الفم** (الوسط قلوي ضعيف PH = 7.4)

- **هضم النشويات** " الكربوهيدرات " بواسطة إنزيم الأميليز.
- **عملية البلع** (بواسطة البلعوم).
- **الحركة الدودية** (بواسطة المرئ).

المرحلة الثانية : **الهضم في المعدة** (الوسط حمضي قوي PH = 1.5 : 2.5)

- **العصير المعدي** (90 % ماء + حمض HCL + إنزيم الببسين).
- **هضم البروتينات** بواسطة إنزيم الببسين (بعد تنشيطه).

المرحلة الثالثة : **الهضم في الأمعاء** (الوسط قلوي PH = 8)

1. **العصارة الصفراوية** " تخلو من الإنزيمات الهاضمة " (هضم الدهون إلى مستحلب دهني).
2. **العصارة البنكرياسية** (هضم باقي البروتينات والنشا والجليكوجين واستكمال هضم الدهون).
3. **العصارة المعوية** (إستكمال هضم البروتينات والسكريات الثنائية وتنشيط إنزيم التربسينوجين بواسطة الإنتيروكينيز).

(1) الهضم في الفم

(1) **الفم** :

** **تبدأ القناة الهضمية بالفم ، وهو يحتوي على** :

1- **الأسنان** : تتميز إلى قواطع وأنياب وأضراس.

أ- **القواطع** : تقع في مقدمة الفك ، وتستخدم في تقطيع الطعام.

ب- **الأنياب** : تلي القواطع ، وتستخدم في تمزيق الطعام.

ج- **الأضراس** : تلي الأنياب ، وتستخدم في طحن الطعام.

2- **اللسان** : يقوم بتذوق الطعام وتحريكه وخلطه باللعاب.

3- **الغدد اللعابية** : توجد ثلاثة أزواج من الغدد اللعابية تفتح بقنوات في التجويف الفمي لتصب اللعاب الذي يحتوي على :

أ- **المخاط** الذي يلين الطعام ويسهل إنزلاقه.

ب- إنزيم **الأميليز** الذي يسمى بـ (**التيالين**) ، وهو يعمل في وسط قلوي ضعيف (PH = 7.4) ، ويحلل النشا مائياً إلى سكر ثنائي هو **المالتوز** (**سكر الشعير**).

إنزيم الأميليز

نشا + ماء ⟵ سكر المالتوز.

(وسط قلوي ضعيف)

(2) **البلعوم** :

** **الموقع** : **يوجد البلعوم في مؤخرة الفم.**

** **يمتد منه أنبوبتان** :

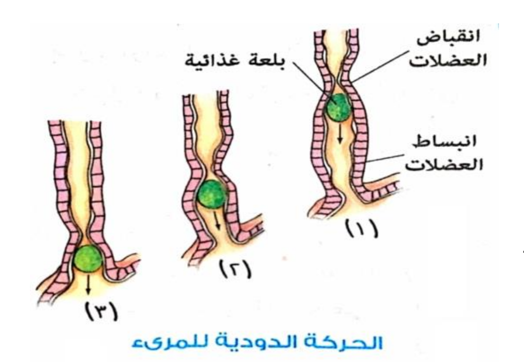
1. الأولى هى **المرئ**.
2. الثانية هى **القصبة الهوائية** (تعتبر جزء من الجهاز التنفسي).

** **تعتبر عملية البلع فعل منعكس منسق** : حيث أنه أثناء عملية البلع ترتفع قمة القصبة الهوائية والحنجرة أمام لسان المزمار لتقفل فتحتها ، فيندفع الطعام من الفم إلى المرئ. (**أثناء عملية البلع – وصول الطعام إلى مؤخرة الفم - تعمل الحنجرة " لاإرادياً " على دفع لسان المزمار إلى أسفل ليقوم بغلق فتحة القصبة الهوائية فيتوقف التنفس مؤقتاً ، وبالتالي يمر الطعام مباشرة من الفم إلى المرئ**).

قواطع
ناب
ضروس
اللسان
الفم

الفعل المنعكس هو إستجابة سريعة لاإرادية لمنبه حسي معين ، تتم دون تدخل الوعي أو الإرادة.

(3) **المرئ** :



** يلي البلعوم ، حيث يمر في العنق والتجويف الصدري ، ممتداً بمحاذاة العمود الفقري بطول 25 سم.

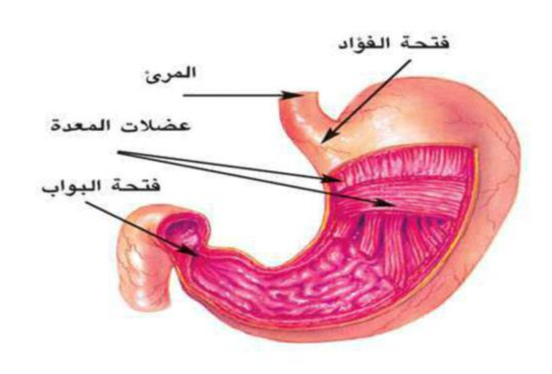
** يوجد ببطانته **غدد** لإفراز المخاط الذي يُسهل عملية البلع بجانب **الحركة الدودية**.

الحركة الدودية

هى مجموعة من **الإنقباضات والإنبساطات العضلية** التي تستمر على طول **القناة الهضمية** (بداية من المرئ) ، تقوم بدفع الطعام وخضه وعجنه مع العصارات الهاضمة. ويقوم المرئ عن طريق الحركة الدودية بإيصال الطعام إلى المعدة.

(2) الهضم في المعدة

(1) **المعدة** :



شكل (١٠) المعدة

** **التعريف** : المعدة عبارة عن **كيس منتفخ** يبدأ **بعضلة حلقية** تتحكم في **فتحة الفؤاد** التي تفصل المعدة عن المرئ ، وينتهي **بعضلة حلقية** عاصرة تتحكم في **فتحة البواب** التي تفصل المعدة عن الأمعاء الدقيقة.

** **الوظيفة** : تقوم المعدة بإفراز **العصير المعدي (الذي يعمل على هضم البروتينات)**.

(2) العصير المعدي

** **التعريف** : **سائل حمضي عديم اللون** يتم إفرازه بواسطة المعدة.

** **التركيب** (**مكونات العصير المعدي**) :

- **يتكون العصير المعدي من** :

1. **ماء** : بنسة 90 %.

2. **حمض الهيدروكلوريك HCl** :

يجعل الوسط في المعدة **حمضياً** (PH = 1.5 : 2.5) ، **مما يؤدي إلى** :

أ- وقف عمل إنزيم التيالين (الأميليز) وتنشيط إنزيم الببسينوجين.

ب- قتل الميكروبات التي تدخل مع الطعام.

3. **إنزيم الببسين** : يفرز في صورة غير نشطة يسمى **ببسينوجين** بواسطة **جدار المعدة** (بعض الخلايا المبطنة لجدار المعدة) ، ويقوم حمض الهيدروكلوريك بتنشيطه في تجويف المعدة ليعمل على هضم البروتين.

حمض HCl

ببسينوجين (غير نشط) ⟵ **ببسين** (نشط).

(3) هضم البروتينات

** يقوم إنزيم **الببسين النشط** بالتحلل المائي للبروتين ، وذلك **بكسر روابط ببتيدية معينة** من سلاسل البروتين الطويلة ، فيحولها إلى **سلاسل قصيرة من عديدات الببتيد**.

ببسين

بروتين + ماء ⟵ **عديدات الببتيد**

حمض HCl

ملاحظات

1. **البروتينات** هى المواد الغذائية الوحيدة التي يؤثر عليها العصير المعدي.

2. **لا تؤثر العصارة المعدية على جدار المعدة أو الخلايا المبطنة للمعدة** (علل ؟!)

- ✓ **لأن المعدة تعمل على إفراز إنزيم الببسين الهاضم للبروتين في صورة غير نشطة (الببسينوجين)** ، ولا يتم تنشيط إنزيم الببسينوجين إلا بعد خروجه من خلايا المعدة إلى تجويفها ، وذلك بفعل **حمض HCl**.
- ✓ **لوجود الإفرازات المخاطية الكثيفة للجدار الداخلي للمعدة** ، والتي تحميها من فعل العصارات الهاضمة.

(3) الهضم في الأمعاء

(1) **الأمعاء الدقيقة** :

1. **المكان** : تلي المعدة ، توجد في تجويف البطن.

2. **التركيب** : تتكون من الإثنى عشر واللفائفي.

3. **الطول** : يبلغ طولها حوالي **8 أمتار**.

4. **القطر** : يتراوح قطرها بين 3.5 سم في **بدايتها** ، 1.25 سم في **نهايتها**.

5. **شكلها** : تنثني على نفسها ويربط بين إلتواءاتها **غشاء المساريقا**.

(2) **العصارات الهاضمة التي تفرز داخل الأمعاء الدقيقة** :

** (**عند وصول الطعام من المعدة إلى الإثنى عشر**) تُفرز داخل الأمعاء الدقيقة مجموعة من العصارات ، التي **تعمل على هضم الطعام** ، وهي كالتالي :

(أ) **العصارة الصفراوية** :

** **مكان الإفراز** : تفرز من الكبد أثناء مروره (الطعام) في الإثنى عشر.

** **الوظيفة والمحتويات** :

1. تخلو من الإنزيمات الهاضمة.

2. تعمل على تحويل الدهون إلى **مستحلب دهني** (أي تجزئة الحبيبات الدهنية الكبيرة إلى قطرات دهنية دقيقة) ؛ **لأن ذلك يسهل ويسرع التأثير الإنزيمي على الدهون التي لا تذوب في الماء.**

الدهون ——— (العصارة الصفراوية) ← **مستحلب دهني.**

(ب) **العصارة البنكرياسية** :

** **مكان الإفراز** : تفرز من البنكرياس على الطعام في الإثنى عشر.

** **الوظيفة والمحتويات** :

- **تحتوي العصارة البنكرياسية على** :

1. **بيكربونات الصوديوم** ($NaHCO_3$) : وهي تعادل حمض HCl ، وتجعل الوسط قلوياً (PH = 8).

2. **إنزيم الأميليز البنكرياسي** : وهو يحلل النشا والجليكوجين إلى سكر ثنائي (المالتوز).

نشا أو جليكوجين + ماء ــ (الأميليز البنكرياسي / وسط قلوي) ← سكر مالتوز (سكر الشعير).

3. **إنزيم التربسينوجين** : وهو غير نشط (أي يفرز في صورة غير نشطة) ، ولكن متى وصل إلى الإثنى عشر ، فإنه يتحول إلى صورة نشطة ، وهى (**التربسين**) الذي يعمل على تكسير البروتينات إلى **عديدات الببتيد** ، وذلك بفعل إنزيم يفرزه **الجدار الخلوي** (**الداخلي**) **للأمعاء الدقيقة** ، ويسمى **الإنتيروكينيز**.

تربسينوجين (غير نشط) ــ (الإنتيروكينيز) ← تربسين (نشط).

البروتينات ــــ (التربسين) ← **عديد الببتيد.**

4. **إنزيم الليبيز** : يحلل الدهون مائياً بعد تجزئتها بالصفراء (مستحلب دهني) إلى أحماض دهنية وجليسرين.

مستحلب دهني + ماء ــ (الليبيز / وسط قلوي) ← أحماض دهنية + جليسرين.

(ج) **العصارة المعوية** :

** **مكان الإفراز** : تفرز من خلايا جدار الأمعاء الدقيقة.

** **الوظيفة والمحتويات** : تحتوي على **إنزيمات** تكمل عمل الإنزيمات السابقة في عملية الهضم النهائي لمكونات الغذاء ، وهى كالتالي :

الإنزيم	الوظيفة
1- مجموعة إنزيمات الببتيديز	عدة أنواع يختص كل منها بتكسير الروابط الببتيدية التي توجد بين أنواع معينة من الأحماض الأمينية في سلسلة عديدات الببتيد لتنتج في النهاية الأحماض الأمينية المختلفة. **سلسلة عديد الببتيد – (إنزيمات الببتيديز / وسط قلوي) ← أحماض أمينية.**
2- مجموعة الإنزيمات المحللة للسكريات الثنائية إلى السكر الأحادي	أ) **إنزيم المالتيز** : يحلل سكر المالتوز (سكر الشعير) إلى 2 جزئ من سكر الجلوكوز (سكر العنب). **سكر المالتوز – (إنزيم المالتيز / وسط قلوي) ← 2 جزئ جلوكوز.** ب) **إنزيم السكريز** : يحلل سكر السكروز (سكر القصب) إلى جلوكوز وفركتوز (سكر الفواكه). **سكر السكروز – (إنزيم السكريز / وسط قلوي) ← جلوكوز + فركتوز.** ج) **إنزيم اللاكتيز** : يحلل سكر اللاكتوز (سكر اللبن) إلى جلوكوز وجالكتوز. **سكر اللاكتوز – (إنزيم اللاكتيز / وسط قلوي) ← جلوكوز + جالكتوز.**
3- إنزيم الإنتيروكينيز	**ليس من الإنزيمات الهاضمة ، بل هو منشط فقط لإنزيم التربسينوجين.**

مقارنة بين إنزيم الببسين وإنزيم التربسين

وجه المقارنة	إنزيم الببسين	إنزيم التربسين
مكان إفرازه	خلايا جدار المعدة الداخلي	البنكرياس
مكان عمله	المعدة	الإثنا عشر
الصورة الخاملة (اسمه قبل التنشيط)	ببسينوجين	تربسينوجين
العامل الذي ينشطه	حمض HCL	إنزيم الإنتيروكينيز
الوسط المناسب لعمله (PH)	حمضي PH (1.5 : 2.5)	قلوي PH (8)

مقارنة بين إنزيم الأميليز اللعابي (التيالين) والبنكرياسي

	الأميليز اللعابي (التيالين)	الأميليز البنكرياسي
مكان الإفراز	الغدد اللعابية في الفم (اللعاب)	البنكرياس (العصارة البنكرياسية)
مكان العمل	الفم	الإثنى عشر (الأمعاء الدقيقة)
الوسط المناسب لعمله (PH)	7.4 (قلوي ضعيف)	8 (قلوي)
الوظيفة	تحليل النشا مائياً إلى سكر ثنائي مالتوز.	تحليل النشا والجليكوجين مائياً إلى سكر ثنائي مالتوز.

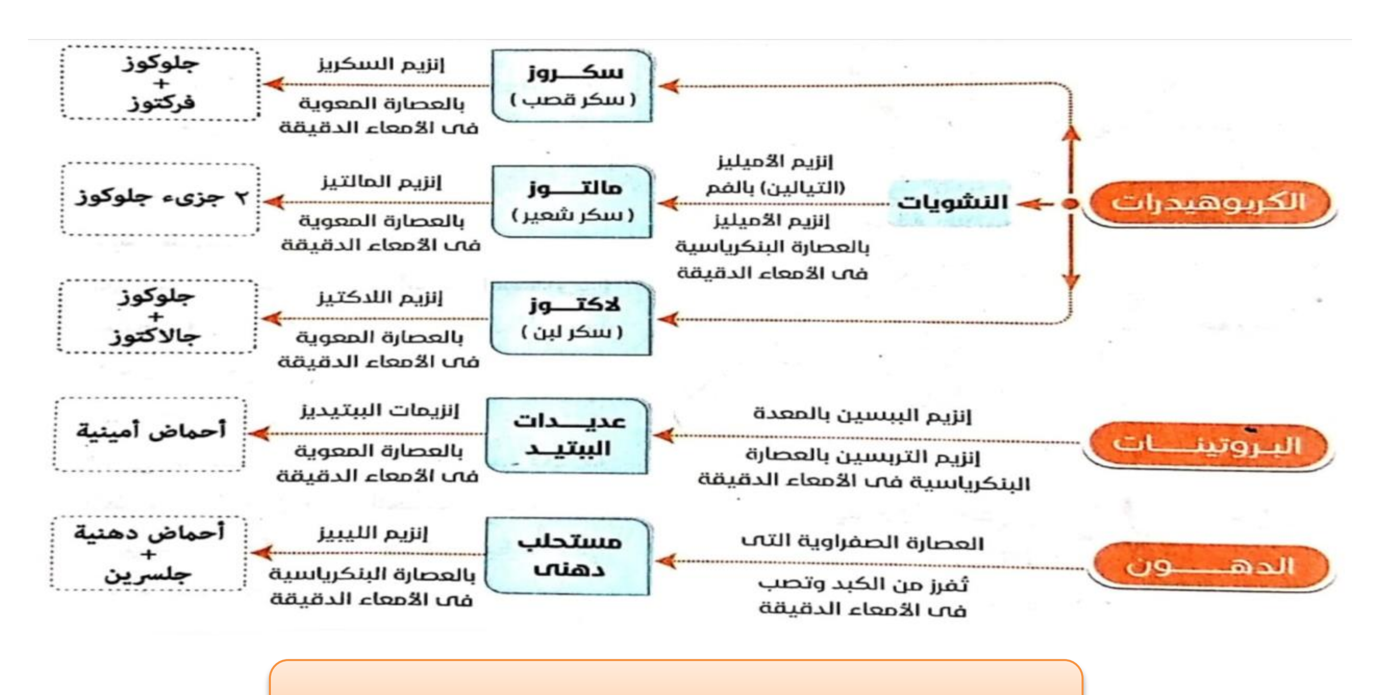
أهمية تباين الأس الهيدروجيني (PH) على طول القناة الهضمية

المكان	الوسط	الأهمية
(1) الفم	قلوي ضعيف PH (7.4)	يحفز إنزيم الأميليز (التيالين) الذي يحلل النشا مائياً إلى سكر ثنائي (المالتوز).
(2) المعدة	حمضي PH (1.5 : 2.5) وذلك بسبب إفراز حمض HCl	يحفز تحويل إنزيم البيسينوجين غير النشط إلى ببسين نشط ، حيث يقوم الببسين بالتحلل المائي للبروتينات ، وذلك بكسر الروابط الببتيدية في سلاسل البروتين الطويلة وتحويلها إلى سلاسل قصيرة من عديدات الببتيد.
(3) الإثنى عشر	قلوي (8) PH وذلك بسبب إفراز بيكربونات الصوديوم في العصارة البنكرياسية التي تفرز من البنكرياس	تنشيط الإنزيمات الهاضمة التي تصب في الإثنى عشر.

ملخص للعصارات التي تفرز على الطعام في القناة الهضمية

العصارة	مكان الإفراز	مكان العمل	المحتويات
(1) اللعاب	الغدد اللعابية	الفم	المخاط - إنزيم الأميليز (التيالين).
(2) العصارة المعدية	جدار المعدة الداخلي	تجويف المعدة	ماء 90 % - حمض الهيدروكلوريك - إنزيم الببسين.
(3) العصارة الصفراوية	الكبد	الإثنى عشر (الأمعاء الدقيقة)	تحتوي على الصفراء.
(4) العصارة البنكرياسية	البنكرياس	الإثنى عشر (الأمعاء الدقيقة)	بيكربونات الصوديوم - إنزيم الأميليز البنكرياسي - إنزيم التربسينوجين - إنزيم الليبيز.
(5) العصارة المعوية	جدار الأمعاء الدقيقة	الأمعاء الدقيقة	إنزيمات الببتيديز - إنزيم المالتيز - إنزيم السكريز - إنزيم اللاكتيز - إنزيم الإنتيروكينيز.

ملخص لمراحل هضم الكربوهيدرات والبروتينات والدهون على طول القناة الهضمية



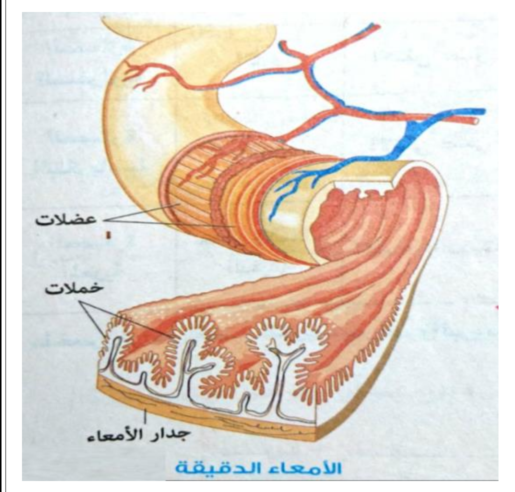
مراحل هضم قطعة خبز مع قطعة لحم مقلية في الزيت

هضم الخبز (النشويات)	**هضم اللحم** (البروتينات)	**هضم الزيت** (الدهون)
(أ) في الفم : يقوم إنزيم الأميليز (في وسط قلوي ضعيف) بتحليل النشا مائياً إلى سكر ثنائي (مالتوز). **(ب) في الأمعاء الدقيقة ، بواسطة :** **1- العصارة البنكرياسية :** **بها إنزيم الأميليز البنكرياسي الذي يحلل النشا إلى سكر ثنائي (مالتوز).** **2- العصارة المعوية :** **بها إنزيم المالتيز الذي يحلل سكر المالتوز إلى 2 جزئ جلوكوز.**	**(أ) في المعدة : يقوم إنزيم البيسين المنشط بتحليل البروتينات مائياً ، بتكسير الروابط الببتيدية في سلسلة البروتين الطويلة ويحولها إلى سلاسل قصيرة من عديدات الببتيد.** **(ب) في الأمعاء الدقيقة ، بواسطة :** **1- العصارة البنكرياسية :** **بها إنزيم التربسين المنشط الذي يقوم بتكسير البروتينات ، ويحولها إلى عديدات الببتيد.** **2- العصارة المعوية :** **بها إنزيمات الببتيديز ، وهى عدة أنواع يختص كل منها بتكسير الروابط الببتيدية ، التي توجد بين أنواع معينة من الأحماض الأمينية في سلسلة عديدة الببتيد ، لتنتج في النهاية الأحماض الأمينية المختلفة.**	**في الأمعاء الدقيقة ، بواسطة :** **1- العصارة الصفراوية :** **تفرز من الكبد على الغذاء أثناء مروره في الإثنى عشر ، وتقوم بتحويل الدهون إلى مستحلب دهني.** **2- العصارة البنكرياسية :** **بها إنزيم الليبيز ، الذي يحلل الدهون مائياً ، بعد تجزيئتها بالصفراء ، إلى أحماض دهنية وجلسرين.**

الإمتصاص (الخملات)

(1) **تعريف الإمتصاص** :

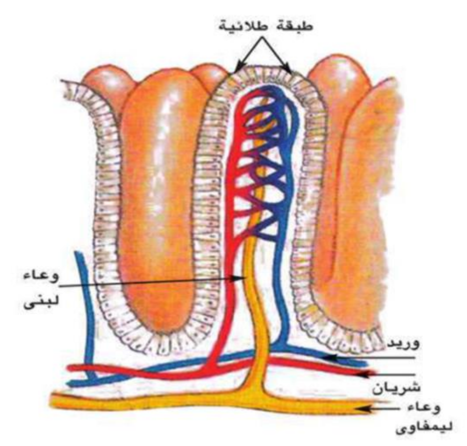
هو عملية **عبور المركبات الغذائية المهضومة** إلى **الدم أو الليمف** خلال **الخلايا المبطنة للفائفي (الخملات)** في الأمعاء الدقيقة.



(2) **بدراسة تركيب جدار الأمعاء الدقيقة نلاحظ ما يلي** :

1- وجود **إنثناءات عديدة** في جدار اللفائفي تسمى **الخملات**.
2- تبلغ **مساحة السطح الداخلي للأمعاء الدقيقة** حوالي **10 م^2** ، أي 5 أضعاف مساحة سطح جسم الإنسان ،

وذلك بسبب وجود الخملات.



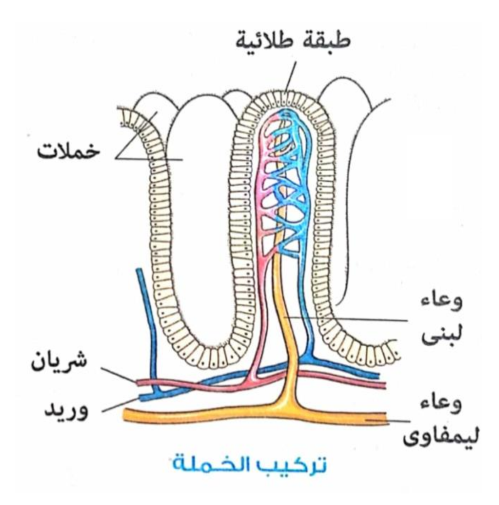
شكل (١٢) شكل تخطيطي للخملات

(3) **الخملات**

** **التعريف والوظيفة** : إنثناءات عديدة في جدار اللفائفي ، تزيد من مساحة سطح الأمعاء الدقيقة المعرض لإمتصاص الغذاء المهضوم.

** **تركيب الخملة** :

1- **طبقة طلائية** : يوجد بداخلها **وعاء لبني** (**ليمفاوي**) يحيط به **شبكة من الشعيرات الدموية** الشريانية والوريدية. (**الوعاء اللبني** : هو وعاء ليمفاوي ، يوجد داخل الطبقة الطلائية للخملة ، يُحيط به شبكة من الشعيرات الدموية الشريانية والوريدية ، يعمل على إمتصاص الأحماض الدهنية والجليسرين والفيتامينات الذائبة في الدهون)



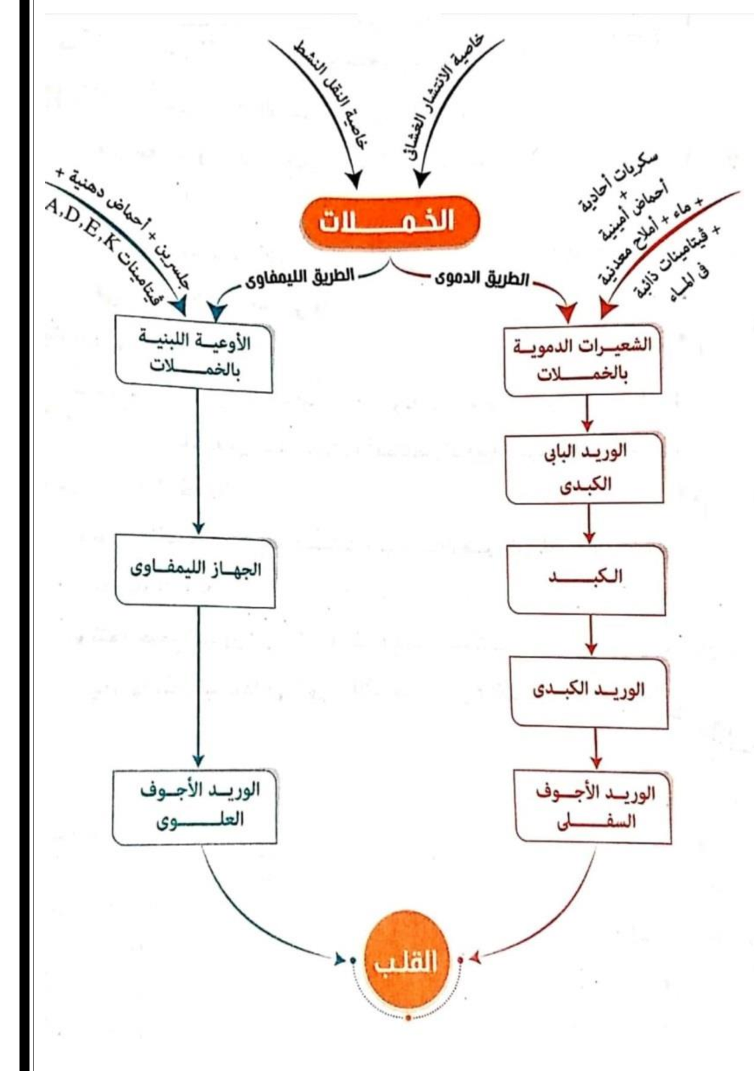
تركيب الخملة

2- **خُميلات دقيقة** : هى **إمتدادات دقيقة جداً لخلايا الطبقة الطلائية للخملة** ، تظهر بالمجهر الإلكتروني ، وتعمل أيضاً على زيادة مساحة سطح الإمتصاص.

كيفية إمتصاص الغذاء المهضوم بواسطة الخملات

(1) **<u>تنتقل نواتج الهضم</u>** إلى الدم والليمف بخاصيتي **الإنتشار الغشائي والنقل النشط**.

(2) **<u>يوجد طريقان لسير المواد الغذائية الممتصة فى كل خملة</u>** :



1- **<u>الطريق الدموي</u>** :

أ. يبدأ **بالشعيرات الدموية** داخل كل خملة.

ب. يمر فيه **الماء والأملاح المعدنية** ، والسكريات **الأحادية** (نواتج هضم **الكربوهيدرات**) والأحماض **الأمينية** (نواتج هضم **البروتينات**) و**الفيتامينات** الذائبة في الماء (Vit **C** & Vit **B** Types).

ج. تصب هذه المواد في **الوريد البابي الكبدي** ، ثم تذهب إلى **الكبد** ، ومنه إلى **الوريد الكبدي** ، لتصب في **الوريد الأجوف** السفلي ، **فالقلب**.

2- **<u>الطريق الليمفاوي</u>** :

أ. يمر فيه **الجليسرين والأحماض الدهنية** ، وما يذوب فيها من **فيتامينات ADEK** (الفيتامينات الذائبة في الدهون).

ب. **يُعاد إتحاد بعض الجليسرين والأحماض الدهنية** لتكوين دهون داخل خلايا الطبقة الطلائية للخملات.

ج. **تمتص الخلايا الطلائية للخملات قطيرات الدهن** التي لم تحلل مائياً بالإنزيمات بطريقة البلعمة (**عملية إمتصاص قطيرات الدهن ، التي لم يتم تحللها مائياً بالإنزيمات ، بواسطة الخلايا الطلائية للخملات**).

د. تتجه جميع الدهون إلى **الأوعية اللبنية داخل الخملات** ، ومنها إلى **الجهاز الليمفاوي** عن طريق **الأوعية الليمفاوية** ، الذي يحملها ببطء ليصبها في **الوريد الأجوف** العلوي ، فالقلب.

التمثيل الغذائي (الأيض)

(1) **التعريف** : عملية يستفيد بها الجسم من **المواد الغذائية المهضومة** التي تم **إمتصاصها**.

(2) **يشمل التمثيل الغذائي عمليتين متعاكستين** ، **هما** :

	(أ) عملية البناء	(ب) عملية الهدم
التعريف	عملية يتم فيها **تحويل** المواد الغذائية **البسيطة** إلى مواد **معقدة** تدخل في تركيب الجسم.	عملية يتم فيها **أكسدة** (تكسير) **المواد الغذائية الممتصة** ، خاصة **السكريات** ، لإنتاج **الطاقة اللازمة** لأداء وظائف الجسم الحيوية.
أمثلة	1. تحويل السكريات **الأحادية** إلى مواد نشوية ، تُخزن على هيئة **جليكوجين** في الكبد و العضلات. 2. تحويل الأحماض **الدهنية والجلسرين** إلى مواد **دهنية** ، تُخزن في الجسم خاصة تحت الجلد. 3. تحويل الأحماض **الأمينية** إلى أنواع **البروتينات** في الجسم.	عملية أكسدة **الجلوكوز** في **الميتوكوندريا** في خلايا الكائن الحي بواسطة التنفس **الخلوي** لإنتاج **الطاقة**.

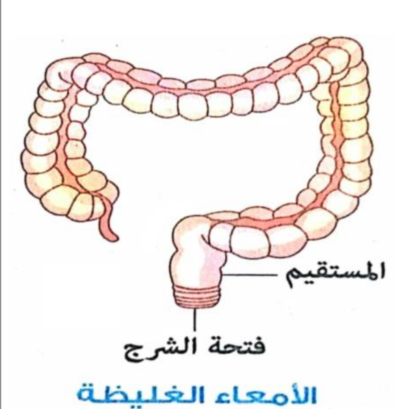
الأمعاء الغليظة والتخلص من فضلات الطعام

(1) تندفع **فضلات الطعام غير المهضوم** إلى **الأمعاء الغليظة**.

(2) تحتوي **بطانة الأمعاء الغليظة** على الكثير من **التحززات** (علل ؟!) لأن ذلك يساعد على إمتصاص الماء وجزء من الأملاح من خلالها.

(3) تصبح فضلات الطعام **شبه صلبة وتتعفن** داخل **الأمعاء الغليظة** (علل ؟!) بسبب وجود بعض أنواع البكتريا بها.

(4) تفرز الأمعاء الغليظة **مخاطاً** يسهل مرور فضلات الطعام للخارج.



(5) تُطرد الفضلات على شكل **براز** من **فتحة الشرج** ، نتيجة **تقلصات شديدة في عضلات المستقيم** مع **إرتخاء العضلتين العاصرتين** على جانبي **الشرج**.